



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 37 40 544.6  
22 Anmeldetag: 30. 11. 87  
43 Offenlegungstag: 8. 6. 89

DE 3740544 A1

71 Anmelder:

Neutron Mikroelektronik GmbH, 6050 Offenbach, DE

74 Vertreter:

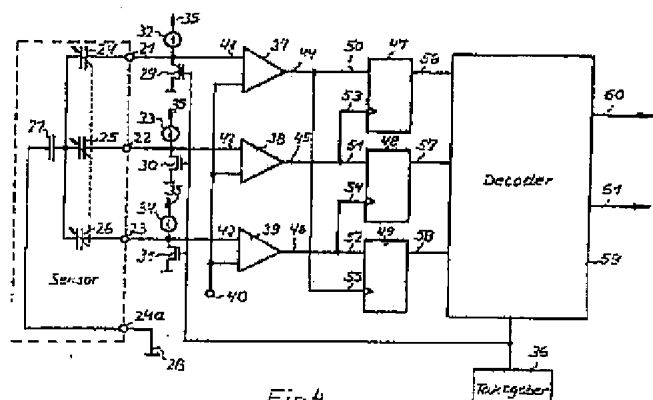
Dannenberg, G., Dipl.-Ing., 8000 Frankfurt;  
Weinhold, P., Dipl.-Chem. Dr., 8000 München; Gudel,  
D., Dr.phil.; Schubert, S., Dipl.-Ing., 6000 Frankfurt;  
Barz, P., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000  
München

72 Erfinder:

Stein, Manfred, Dipl.-Ing., 6540 Hanau, DE

54 Einrichtung zur Wandlung einer Weg- oder Winkelgröße in eine elektrische inkrementale oder digitale Größe

In einer Einrichtung zur Wandlung einer Weg- oder Winkelgröße in eine elektrische inkrementale oder digitale Größe wird von einem kapazitiven Sensor in Form von wenigstens zwei weg- oder winkelsondierend angeordneten Spurkondensatoren (24, 25, 26) Gebrauch gemacht, die in Abhängigkeit von dem Weg bzw. dem Winkel sich periodisch ändernde Kapazitäten aufweisen, sowie von einer Auswerteschaltung, die wenigstens einen mit den Spurkondensatoren in Verbindung stehenden Vergleichs (47, 48, 49) und einen diesem nachgeschalteten Dekodierer (59) umfaßt. Zur fehlerfreien Auswertung ohne gesonderten Bezugskondensator in dem Sensor und zur bewegungsrichtungsbewerteten Auswertung wird in der Auswerteschaltung die Kapazität jedes Spurkondensators (24, 25, 26) mittels je eines Vergleichselements (47, 48, 49) nur mit der Kapazität eines anderen Spurkondensators (24, 25, 26) verglichen. Jedes Vergleichselement (47, 48, 49) ist mit einem Speicherelement gekoppelt, welches das Vergleichsergebnis zur Dekodierung mittels des Dekodierers (59) speichert.



DE 3740544 A1

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Wandlung einer Weg- oder Winkelgröße in eine elektrische inkrementale oder digitale Größe nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige bekannte Wandler bzw. Umsetzer setzen Inkremente einer Weg- oder Winkelgröße in elektrische Impulse um und werden daher auch als Inkrementalgeber bezeichnet oder geben aus den inkrementalen Größen umgewandelte digitale Daten ab. Derartige Wandler, die digitale Ausgangssignale bilden, werden beispielsweise eingesetzt als Einstellelemente oder Positionsgeber für Uhren, Haushaltsgeräte, medizinische Geräte, Meßgeräte, Funkempfänger oder Hobbygeräte. Mit ihrer Hilfe können die Positionen von Schiebern, Ventilen oder anderen Stellgliedern erfaßt werden. Im Fahrzeugbau können sie beispielsweise zur Rückmeldung der Drosselklappenstellung oder zur Rückmeldung bestimmter Fahrwerkzustände eingesetzt werden.

Als Massenartikel für die genannten Einsatzmöglichkeiten scheiden solche Wandler auf opto-elektronischer, induktiver oder kapazitiver Grundlage aus, die einen hohen Fertigungsaufwand bedingen, der häufig Voraussetzung für eine hohe Präzision bzw. große Auflösung ist. Nachteilig ist bei vielen Anwendungsfällen auch ein relativ hoher Stromverbrauch bekannter Wandler, der einen permanenten Batteriebetrieb über mehrere Jahre hinweg praktisch ausschließt.

Es ist bereits eine Einrichtung zur Wandlung einer Weg- oder Winkelgröße in eine elektrische digitale Größe der eingangs genannten Gattung bekannt, die deswegen kostengünstig herstellbar sein soll und nur einen geringen Strombedarf aufweisen soll (DE-OS 33 38 108). Die Einrichtung hat als Aufnehmer bzw. kapazitiven Sensor für eine Drehbewegung zwei winkelversetzt arbeitende, jeweils winkelabhängig veränderliche Kondensatoren, die beide mit dem Drehwinkel periodisch zu- und abnehmende Kapazitätswerte aufweisen und deswegen im folgenden auch als Spurkondensatoren bezeichnet werden. Außerdem umfaßt der Aufnehmer einen Referenzkondensator, der aus je einer zentralen kreisförmigen Ladungsfläche auf einer Rotorplatte und einer Statorplatte besteht, die im Abstand zueinander angeordnet sind. Auf einem Außenbereich der Statorplatte ist eine Vielzahl von strahlenförmig angeordneten Ladungssektoren angeordnet, die sich jeweils mit Leersektoren etwa gleicher Winkelbreite abwechseln. Die Statorplatte weist hingegen in ihrem Außenbereich zwei Gruppen strahlförmig verteilter Ladungssektoren auf, die über Leiter jeweils gruppenweise zusammengeschaltet sind und die zusammen mit den Ladungssektoren der Rotorplatte die beiden veränderlichen Spurkondensatoren bilden. Die Kapazitätswerte der Spurkondensatoren und einer Referenzkondensator-Ladungsfläche können an festen Abgriffen abgegriffen werden; die zweite Referenzkondensator-Ladungsfläche jedoch, die auf der Rotorplatte sitzt, muß von diesem drehbaren Element mit einem Schleifkontakt abgegriffen werden. Abgesehen davon, daß der Referenzkondensator nicht immer eine konvexe oder konkave Verwerfung der Rotor- oder Statorplatte bei Auswertung der Referenzkapazität ausgleichen kann, was an sich erwünscht wäre, hat der Schleifkontakt die bekannten Nachteile, daß er Reibung erzeugt, als Verschleißteil die Lebensdauer des Sensors herabsetzt und die zu erwartende Zuverlässigkeit verringert. Darüber hinaus ist die Auswertung der Kapazitätswerte der Spurkonden-

satoren, die mit dem Kapazitätswert des Referenzkondensators in Beziehung gesetzt werden sollen, relativ aufwendig. Zur Auswertung stehen die Spurkondensatoren und der Referenzkondensator ständig mit je einer Kapazitätsmeßzelle in Verbindung, welche die in ihnen gebildeten Signale einem Vergleicher zuführen. In dem Vergleicher wird jeweils ein Differenzwert zwischen die Kapazitäten jeweils eines der beiden Spurkondensatoren und des Referenzkondensators gebildet. Es entstehen so bei nur zwei Spurkondensatoren bereits zwei Differenzwerte, die dem Decoder zugeführt werden. Der Decoder soll diese Differenzwerte hinsichtlich der Drehrichtung und den Inkrementen der Drehbewegung auswerten und in entsprechende digitale Signale umsetzen, welche mit einem elektronischen Zähler erfaßt und angezeigt werden sollen. Die Meßzellen, der Vergleicher, der Decoder und der Zähler können dabei Bestandteile eines integrierten Schaltkreises sein. Hinsichtlich des Decoders ist nicht ersichtlich, wie dieser Richtungssignale bilden soll, da er ausschließlich mit UND-Verknüpfungsgattern aufgebaut ist, die lediglich die gegenwärtig erfaßten Kapazitätswerte auswerten können, welche aus jeder der beiden möglichen Richtungen erreichbar sind.

Bei einer anderen zum Stand der Technik gehörenden kapazitiven Längen- oder Winkelmeßeinrichtung, deren Meßwertaufnehmer aus einem stationären Teil und einem parallel über dessen Oberfläche in geringem Abstand zu diesem verschiebbaren Teil besteht, wobei die einander gegenüberliegenden Oberflächen des stationären und des verschiebbaren Teils mit Kondensatorbelägen versehen sind, werden nicht die Kapazitätswerte der gebildeten Kondensatoren ausgewertet, sondern die Phasenlage vom Sendesignal zu einem Empfangssignal, die proportional der Verschiebung zwischen dem stationären Teil und dem verschiebbaren Teil des Meßwertaufnehmers sein soll (DE-PS 33 40 782). Im einzelnen sind die Beläge des stationären Teils elektrisch nicht angeschlossen. Sie werden von dem verschiebbaren Teil berührungslos abgetastet. Der stationäre Teil besteht aus zwei Reihen T-förmiger kammartig ineinandergreifender Kondensatorbeläge und die Kondensatorbeläge des verschiebbaren Teils dienen teilweise als Sendelektroden und teilweise als Empfangselektroden. Die Sendelektroden werden mit Wechselspannung so gespeist, daß ein elektrisches Drehfeld entsteht, welches an den Empfangselektroden Wechselspannungen erzeugt, deren Phasenlage von der Stellung des verschiebbaren Teils zum stationären Teil abhängt. — Die Erzeugung der drei um jeweils 120° phasenverschobenen sinusförmigen Wechselspannungen, die in die Sendelektroden eingespeist werden, und die Auswertung der Wechselspannungen, die mit den Empfangselektroden empfangen werden, sind verhältnismäßig aufwendig.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ausgehend von einer Einrichtung der eingangs genannten Gattung, in der die weg- oder winkelversetzt angeordneten, mit mehreren Spurkondensatoren gebildeten Kapazitäten in der Auswerteschaltung ausgewertet werden, diese so weiterzubilden, daß bei einer hardwaremäßig einfachen Auswertung die inkrementale oder digitale Größe in Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung, mit der der kapazitive Sensor beaufschlagt wird, präzise erzeugt wird. Damit soll die hohe Auflösung von unter einem Winkelgrad bei Sensoren, welche mehrere Spurkondensatoren aufweisen, zumindest erhalten bleiben.

Diese Aufgabe wird durch einen Aufbau der Auswerteschaltung mit den in dem kennzeichnenden Teil des

Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Die Auswertung geht davon aus, daß nur die in Abhängigkeit von dem Weg bzw. dem Winkel sich periodisch ändernden Kapazitätswerte der Spurkondensatoren miteinander verglichen werden. Es erfolgt also kein Vergleich der Kapazitätswerte der Spurkondensatoren mit dem Kapazitätswert eines weg- bzw. drehwinkelunabhängigen Referenzkondensators. Vielmehr wird die sonst mit dem Referenzkondensator mögliche Fehlerkompensation in noch besserem Maße durch die Spurkondensatoren selbst erreicht. Außerdem wird die Auswertung insofern vereinfacht, als der Vergleich mit dem Kapazitätswert des gesonderten Referenzkondensators entfällt. Da auch keine Beläge eines Referenzkondensators auf Bauteilen — Platten — des kapazitiven Sensors vorzusehen sind, können deren Flächen besser für andere Beläge beispielsweise für größere Spurkondensatoren oder für einen zusätzlichen Koppelkondensator genutzt werden. Bei der Auswertung der Kapazitätswerte der Spurkondensatoren ist weiter wichtig, daß eine richtungsabhängige elektrische inkrementale oder digitale Größe durch Auswertung der in den Speicherelementen enthaltenen Daten zuverlässig und wenig aufwendig in dem Dekoder ermöglicht ist, die in dem jedem Speicherelement zugeordneten Vergleichselement gebildet werden. Im einzelnen werden zur Auswertung der weg- oder winkelabhängigen Kapazitätswerte der Spurkondensatoren diese getaktet zunächst auf ein erstes elektrisches Bezugspotential gesetzt und anschließend auf ein zweites Bezugspotential umgeladen. Die Geschwindigkeit der Umladung hängt dabei von dem Kapazitätswert des Spurkondensators ab. Die Spurkondensatorspannung erreicht während des Umladens somit mehr oder weniger rasch ein fest eingestelltes Schwellenpotential. Zum Zeitpunkt der Schwellenpotentialüberschreitung des einen Spurkondensators wird mit einem diesem zugeordneten Vergleichselement erfaßt, ob der Kapazitätswert eines zweiten Spurkondensators das Schwellenpotential überschritten hat oder nicht. Das Vergleichselement bildet damit einen digitalen Vergleich zwischen den Kapazitätswerten dieser beiden Spurkondensatoren. Der Vergleichswert wird in dem mit dem Vergleichselement gekoppelten Speicherelement festgehalten und steht zur Auswertung in dem Dekoder mit den üblichen Verknüpfungselementen zur Verfügung. In dem Dekoder werden somit die Speichereinhalte sämtlicher Speicherelemente verknüpft, von denen jedes die Vergleichsergebnisse zwischen den Kapazitätswerten zweier verglichener Spurkondensatoren beinhaltet. Wenn die Vergleichsergebnisse in den Speicherelementen gespeichert sind, werden die Spurkondensatoren wieder auf ihr erstes elektrisches Bezugspotential zurückgesetzt und ein neuer Taktzyklus beginnt. Während eines Taktes bzw. einer Periode nehmen die verschiedenen Speicherelemente unterschiedliche Zustände ein, je nachdem, wann das Schwellenpotential durch die Umladung des Spurkondensators erreicht wird, welcher das ihm zugeordnete Vergleichselement steuert. Dies erlaubt bei geringem Aufwand eine hohe Auflösung. — Da jeder Spurkondensator gleichzeitig einen Vergleichskondensator für einen anderen Spurkondensator darstellt, entfällt ein gesonderter Vergleichskondensator, der nur zur im wesentlichen weg- oder winkelunabhängigen Fehlerkompensation dient.

In einer bevorzugten Ausführungsform nach Anspruch 2 sind drei Spurkondensatoren weg- oder winkelversetzt angeordnet, und die Kapazität jedes der drei

Spurkondensatoren wird mit der Kapazität jedes der beiden anderen Spurkondensatoren verglichen. Dabei beträgt der Versatz der drei Spurkondensatoren zwei Drittel des Periodizitätsintervalls, welches durch den Abstand zwischen zwei leitfähigen Elementen des gegenüberstehenden Belags, der allen Spurkondensatoren gemeinsam ist, definiert ist.

Im einzelnen ist die Auswerteschaltung besonders vorteilhaft nach Anspruch 3 ausgebildet. Diese Auswerteschaltung umfaßt die Umladeeinrichtung sowie das Schwellwertelement für jeden Spurkondensator zur Kapazitätserfassung sowie für jeden Spurkondensator ein bistabiles Flip-Flop, welches mit den angegebenen Eingängen die Vergleichsfunktion neben der Speicherelement ausübt. Das Schwellwertelement kann in wenig aufwendiger Weise durch einen Komparator gebildet werden, an dessen einem Eingang die Referenzspannung liegt und dessen anderer Eingang mit der Spannung des Spurkondensators beaufschlagt wird.

Jede taktgesteuerte Umladeeinrichtung besteht in wirksamer aber wenig aufwendiger Weise aus einem taktgesteuerten Schalttransistor, welcher den Spurkondensator abwechselnd auf Massepotential schaltet, welches ein erstes Bezugspotential darstellt oder an ein stromtreibendes Element anschließt, welches an einem zweiten Bezugspotential liegt.

Bei der bevorzugten Ausführungsform der Einrichtung mit drei weg- oder winkelversetzten Spurkondensatoren ist jeder dieser Spurkondensatoren mit einer taktgesteuerten Umladeeinrichtung sowie mit je einem Auswertekanal verbunden, der das Schwellwertelement sowie das Vergleichselement mit gekoppeltem Speicher umfaßt. Es ergibt sich so ein übersichtlicher Aufbau der Einrichtung, die eine richtungsabhängige inkrementale oder digitale Größe mit hoher Genauigkeit bildet.

Zur Erhöhung der Auflösung kann in der Einrichtung jeder Spurkondensator außer mit der nachgeschalteten taktgesteuerten Umladeeinrichtung mit jeweils mehreren Auswertekanälen in Verbindung stehen, in denen die Schwellwertelemente mit abgestuften Spannungsschwellwerten dimensioniert sind. Die Erhöhung der Auflösung des Wandlers setzt dabei eine geeignete Verknüpfung der Speicherzustände in dem Dekoder voraus.

In einer Ausführungsform der Auswerteschaltung nach Anspruch 7 ist jedes Vergleichselement zum Vergleich der Zeitkonstanten der verglichenen Spurkondensatoren ausgebildet.

In einer anderen Ausführungsform der Auswerteschaltung nach Anspruch 8 weist diese die Merkmale auf, daß jeder Spurkondensator durch eine Ladeeinrichtung auf eine konstante Spannung aufladbar ist und daß die zu vergleichenden Spurkondensatoren mit einem Ladungsbilanzkomparator in Verbindung stehen. Solche Ladungsbilanzkomparatoren werden in MOS-Technologie bevorzugt hergestellt und finden Anwendung in Schalter-Kondensatorfiltern bzw. Flash-Konvertern.

Bevorzugt ist die gesamte elektrische Auswerteschaltung, die zumindest die Vergleichselemente, die Speicherelemente sowie den Dekoder umfaßt, aber auch die taktgesteuerten Umladeeinrichtungen mit den Schalttransistoren umfassen kann, in einem applikationsspezifischen Halbleiterbaustein realisiert. Der Halbleiterbaustein kann bevorzugt in stromsparender CMOS-Technologie aufgebaut sein.

Zur Vermeidung von parasitären Kapazitäten ist der Halbleiterbaustein vorteilhaft direkt auf einem Teil, dem Stator des kapazitiven Sensors montiert, d.h. gebondet.

Der zu der Einrichtung gehörende kapazitive Sensor ist nach Anspruch 12 bevorzugt mit den Merkmalen ausgebildet, daß die Spurkondensatoren durch je eine Spurkondensator-Statorelektrode auf dem Stator sowie eine allen Spurkondensator-Statorelektroden im Abstand gegenüberstehende, gemeinsame Spurkondensator-Rotorelektrode auf einem beweglichen Sensorteil gebildet sind und daß der Sensor einen Koppelkondensator aufweist, über welchen die Spurkondensatoren mit der Umladeeinrichtung und den Auswertkanälen koppelbar ist. — Der besondere Vorteil dieser Ausbildung des kapazitiven Sensors besteht darin, daß sämtliche Spurkondensatoren über den Koppelkondensator schleifenarmfrei auf das erste Bezugspotential bzw. Massepotential gelegt werden können, so daß Reibungseinflüsse, welche die Zuverlässigkeit und die Genauigkeit der Auswertung verringern könnten, entfallen.

In der Ausführungsform als Drehwinkelwandler hat die Einrichtung die Merkmale, daß die Spurkondensator-Statorelektroden auf einem plattenförmigen Stator kreisringförmig angeordnet sind und die Spurkondensator-Rotorelektrode auf einem plattenförmigen, gegenüberstehenden Rotor konform angebracht ist, der außerdem eine rotationssymmetrische Elektrode des Koppelkondensators trägt. Diese Ausbildung des kapazitiven Sensors zeichnet sich durch große Kompaktheit bei hohem erreichbarem Auflösungsvermögen aus. Die Flächenbereiche des Stators und des Rotors, die für die Anordnung der Spurkondensatorelektroden weniger in Betracht kommen, sind hier zur Aufbringung der Elektroden des Koppelkondensators genutzt.

In einer alternativen Ausführungsform der Vorrichtung, nämlich des kapazitiven Sensors als Drehwinkelmesser, sind die Elektroden der Spurkondensatoren auf dem Umfang zweier, im Abstand konzentrisch ineinander rotierender Zylinder angeordnet, von denen der eine als Rotor, der andere als Stator ausgebildet ist. Durch die zylindrische Anordnung können bei verhältnismäßig kleinem Durchmesser hohe Kapazitätswerte der Spurelektroden erreicht werden, die sich leicht auswerten lassen.

Für einen direkten Wegstreckenwandler sind die Elektroden der Spurkondensatoren bevorzugt auf zwei, in geringem Abstand übereinanderlaufenden Flächen als Lineale ausgebildet. Es erübrigt sich hier eine Umwandlung einer translatorischen Bewegung, die gemessen werden soll, in eine Drehbewegung.

Statt der beiden Lineale können nach Anspruch 16 die gegeneinander verschiebbaren Teile des kapazitiven Sensors auch als mit Abstand ineinanderlaufende zylindrische Stäbe ausgebildet sein, welche die Elektroden tragen. Auch in diesem Fall ist eine Erhöhung der Kapazitätswerte der Spurkondensatoren erreichbar.

Nach Anspruch 17 wird der geringe Abstand zwischen dem beweglichen Sensorteil und dem Stator des kapazitiven Sensors zweckmäßig durch ein dielektrisches Material gehalten, welches einen Mindestabstand gewährleistet.

Bei der Ausbildung des kapazitiven Sensors mit einem Rotor kann dieser aus leitfähigem Material bestehen. Der Koppelkondensator wird in diesem Fall durch eine dritte Elektrode, die in geringem Abstand zu der Rückseite des Rotors angeordnet ist, gebildet. Der Rotor selbst stellt in diesem Fall außer der einen Elektrode, welche allen Spurkondensatoren gemeinsam ist, eine Elektrode des Koppelkondensators dar.

Der Rotor kann in einer Ausführungsform als Stanzteil ausgeführt sein; es ist aber auch die Fertigung des

Rotors als Ätzteil möglich. Mit dem Ätzteil lassen sich — bei allerdings höherem Herstellungsaufwand — größere Genauigkeiten erzielen.

Der Stator selbst kann in einer Schichttechnologie, beispielsweise in Dickschichttechnik hergestellt sein, wobei als Dielektrikum keine Abdeckglasur dient. Mit der Schichttechnologie können die verschiedenen Elektroden unproblematisch angeordnet und mit kreuzungsfreien Leitungszügen zum Anschluß an äußere Schaltelemente gekoppelt sein.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer beispielhaften Einrichtung zur Drehwinkelwandlung anhand einer Zeichnung mit fünf Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen kapazitiven Sensor zur Drehwinkelwandlung,

Fig. 2 eine Draufsicht auf einen Rotor des Sensors,

Fig. 3 eine Draufsicht auf den Stator des Sensors,

Fig. 4 eine Auswerteschaltung, in welcher der Sensor angeordnet ist,

Fig. 5a Kapazitätswerte der drei Spurkondensatoren des Sensors nach Fig. 1 und

Fig. 5b die zugehörigen Ausgangssignale der Speicherelemente.

Aus Fig. 1 ist ersichtlich, wie auf einer Platine 1 eines kapazitiven Sensors, die mit einem Deckel 2 abgedeckt ist, ein Stator 3 angeschraubt ist, dem in geringem Abstand 4 gegenüberstehend ein Rotor 5 zugeordnet ist. Der Rotor ist mit einer Welle 6 verbunden, die durch den Stator und ein Kugellager 7 nach außen herausragt. Die Welle wird mit einer Einrichtung verbunden, deren Drehwinkel in eine elektrische digitale Größe umzuwandeln ist. Elektroden auf dem Rotor und dem Stator stehen über eine mehradrige Leitung 9 in Verbindung, die aus dem mit der Platine und dem Deckel gebildeten Gehäuse nach außen herausgeführt ist.

Der Rotor 5 trägt die dem Stator 1 zugewandte gemeinsame Rotor-Gegenelektrode 9, von der in Fig. 2 nur ein Abschnitt dargestellt ist. Die Rotor-Gegenelektrode ist allen Spurkondensatoren gemeinsam. Sie weist radial nach außen stehende leitfähige Elemente 10 auf, die durch gleichgroße isolierende Zwischenräume 11 getrennt sind. Die leitfähigen Elemente 10 sind mit einer inneren Ringfläche 12 verbunden, die eine Elektrode eines Koppelkondensators bildet. Eine Mittelbohrung 13 dient zur Anbringung der Welle 6.

Die dem Rotor zugewandte in Fig. 3 abgebildete Seite des Stators 3 weist in der Mitte eine Ringfläche 14 auf, die zusammen mit der Ringfläche 12 des Rotors die Koppelkapazität bildet. Auch die rotationssymmetrische Elektrodenanordnung auf dem Stator ist nur ausschnittsweise dargestellt. In dem Flächenbereich außerhalb der Ringfläche 4 sind die drei Stator-Elektroden 15, 16, 17 in Umfangsrichtung gegeneinander versetzt angeordnet, und zwar so, daß zwischen einer Gruppe von drei Stator-Elektroden, von denen jede zu einem Spurkondensator gehört, zu der nächsten Gruppe ein größerer Zwischenraum besteht. In Fig. 3 ist je ein leitfähiges Element der radial ringförmigen Anordnung sämtlicher leitfähigen Elemente einer der Stator-Elektroden mit dessen Bezugszeichen 15 bzw. 16 bzw. 17 versehen. Sämtliche sich radial erstreckenden leitfähigen Elemente einer Stator-Elektrode stehen über eine Ringleitung 18 bzw. 19 bzw. 20 miteinander in Verbindung, die jeweils zu einem der Anschlüsse 21, 22, 23 geführt sind. Ein weiterer Anschluß 24a ist mit der Ringfläche 14 des Koppelkondensators verbunden.

Aus den Fig. 1 und 2 kann ersehen werden, wie ein

Versatz zwischen zwei benachbarten leitenden Elementen einer Gruppe auf dem Stator 3 zwei Drittel  $\alpha$  beträgt, wobei  $\alpha$  als Periodizitätsintervall bezeichnet ist, welches durch den Abstand zweier leitfähiger Elemente 10 der Rotor-Gegenelektrode in Fig. 2 definiert ist. Der Abstand zweier Gruppen leitfähiger Elemente des Stators beträgt  $n \times \alpha$ , wobei  $n$  eine ganze Zahl ist.

In Fig. 4 ist eine bevorzugte Ausführungsform der Auswerteschaltung der Kapazitätswerte der durch die Stator-Elektroden 15, 16, 17 und der gemeinsamen Rotor-Gegenelektrode 9 gebildeten Spurkondensatoren dargestellt, die in Fig. 4 mit 24, 25, 26 bezeichnet sind. Die Spurkondensatoren sind einerseits über die Anschlüsse 21, 22, 23 und andererseits über den Koppelkondensator 27 mittels des Anschlusses 24a mit der Auswerteschaltung verbunden. Der kapazitive Sensor gemäß den Fig. 1–3 ist dabei innerhalb des mit einer unterbrochenen Linie dargestellten Teils der Fig. 4 enthalten.

Gemäß Fig. 4 liegt eine Elektrode des Koppelkondensators auf Masse 28. Die Anschlüsse 21, 22, 23 sind jeweils mit einer Umladeeinrichtung verbunden, die im wesentlichen aus einem Schalttransistor 29, 30, 31 und einem stromtreibenden Element 32, 33, 34 besteht. Je eine Elektrode des Schalttransistors liegt auf Masse 28 als erstem Bezugspotential, während die stromtreibenden Elemente 32, 33, 34 an ein zweites Bezugspotential 35 angeschlossen sind. Die Basisanschlüsse sämtlicher Schalttransistoren 30–32 werden parallel von einem Taktgeber 36 gesteuert.

Die Auswerteschaltung umfaßt weiterhin für jeden Spurkondensator ein Schwellwertelement 37 bzw. 38 bzw. 39, welches aus einem mit einer Referenzspannung 40, die den Schwellwert bildet, verbundenen Komparator besteht, der mit der Spannung eines der Spurkondensatoren über einen Eingang 41 bzw. 42 bzw. 43 beaufschlagt wird. Die Ausgänge 44, 45, 46 der Schwellwertelemente sind an Eingangsschaltungen von Flip-Flops 47, 48, 49 angeschlossen. Jedes Flip-Flop, welches als Master-Slave-Flip-Flop ausgebildet ist, hat einen vorbereitenden Dateneingang 50 bzw. 51 bzw. 52 sowie einen dynamischen auslösenden Eingang 53, 54, 55. Die Flip-Flops mit ihren Eingangsschaltungen sind dabei so aufgebaut, daß jeweils ein Ausgang 56, 57, 58 einen bestimmten logischen Pegel, z.B. "1", annimmt, wenn der Pegel auf dem dynamischen auslösenden Eingang von logisch 0 auf 1 springt und dabei an dem vorbereitenden Dateneingang eine logische 1 anlag.

Die Ausgänge 56, 57, 58 der Flip-Flops 47, 48, 49 sind in einem Dekoder 59, der ebenfalls von dem Taktgeber 36 gesteuert wird, so logisch miteinander verknüpft, daß auf einer Ausgangsleitung 60 Impulse bei einer Drehrichtung des Sensors, z.B. im Uhrzeigersinn auftreten, die dem zurückgelegten Drehwinkel entsprechen und umgekehrt Impulse auf einer zweiten Ausgangsleitung 61, wenn der Sensor in entgegengesetzter Richtung, d.h. entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn gedreht wird. Die Verknüpfung ergibt sich dabei aus der Konfiguration der Signale an den Speicherausgängen 56, 57, 58, die in Fig. 5b dargestellt und den Kapazitätswerten der Spurkondensatoren 24, 25, 26 in Fig. 5a zugeordnet sind.

In Fig. 5a sind die Spurkapazitäten  $C$  in Abhängigkeit von dem Drehwinkel dargestellt, wobei  $T$  ein Periodizitätsintervall  $\alpha$  in den Fig. 2 und 3 entspricht.

Zu der Funktion der Auswerteschaltung in Fig. 4 wird erläutert:

Der Taktgeber 36 hält zunächst bei geschlossenen Schalttransistoren 29, 30, 31 die Spurkondensatoren 24,

25, 26 auf dem ersten Bezugspotential 28 "Masse". Fällt der Taktgeberpegel auf dieses erste Bezugspotential ab, so öffnen die Schalttransistoren 29, 30, 31 und die stromtreibenden Elemente 32, 33, 34 laden die Spurkondensatoren 24, 25, 26 auf das zweite Bezugspotential 35 auf. Wenn dabei die Spurkondensatorspannung an einem der Spurkondensatoren den Wert der Referenzspannung 40 überschreitet, mit dem die Schwellwertelemente 37, 38, 39 beaufschlagt sind, so schaltet der Ausgang 44, 45, 46 des betreffenden Komparators um. Beispielsweise wird bei Umschaltung des Ausgangs 44 auf logisch 1 der Dateneingang 50 des Flip-Flop 47 vorbereitet, während zugleich ein logischer Sprung von 0 auf 1 an einem dynamischen Eingang 55 des Flip-Flop 49 auftritt. Hat zuvor bereits die Kondensatorspannung des Spurkondensators 26 den Wert der Referenzspannung 40 überschritten, was mit dem Schwellwertelement 39 festgestellt ist, so liegt auch an dem Dateneingang 52 des Flip-Flop 49 das logische Signal 1 und der dynamische Eingang 55 veranlaßt die Umschaltung des Flip-Flop in der Weise, daß dieser einen Zustand hält, in dem an seinem Ausgang 58 eine logische 1 erscheint. Entsprechend werden für inkrementale Winkelstellungen, die gemäß Fig. 5a definierte Kapazitätswerte der Spurkondensatoren zur Folge haben, die Ausgänge 56, 57, 58 der Kippstufen, auf die in Fig. 5b zugeordneten logischen 0 oder 1 Potentiale eingestellt. Die Kurvenform gemäß Fig. 5a hängt dabei von der Gestalt der leitfähigen Segmente der Stator-Elektroden und der Rotor-Elektrode ab. In der zugeordneten Fig. 5a ist dargestellt, daß innerhalb einer Periode  $T$  sechs unterschiedliche Kombinationen von Signalen auf den Ausgängen 56–58 ausgewertet werden.

Die Frequenz des Taktgebers 36 ist so hoch, daß bei der höchsten Winkelgeschwindigkeit, die von dem Sensor erfaßt wird, sämtliche inkrementalen Winkelstellungen ausgewertet werden, d.h. als digitale Signale auf den Ausgängen der Flip-Flops 47, 48, 49 zur Auswertung in dem Dekoder zur Verfügung stehen.

#### Patentansprüche

1. Einrichtung zur Wandlung einer Weg- oder Winkelgröße in eine elektrische inkrementale oder digitale Größe, mit einem kapazitiven Sensor in Form von wenigstens zwei weg- oder winkelvesetzt angeordneten Spurkondensatoren, die in Abhängigkeit von dem Weg bzw. dem Winkel sich periodisch ändernde Kapazitäten aufweisen, sowie mit einer Auswerteschaltung, die wenigstens einen mit den Spurkondensatoren in Verbindung stehenden Vergleichler und einen diesem nachgeschalteten Dekodierler mit Ausgängen für weg- bzw. winkelproportionale, bewegungsrichtungsbewertete Impulse umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswerteschaltung die Kapazität jedes Spurkondensators (24, 25, 26) mittels je eines Vergleichselements (47, 48, 49) nur mit der Kapazität jedes anderen Spurkondensators (24, 25, 26) verglichen wird, daß jedes Vergleichselement (47, 48, 49) mit einem das Vergleichsergebnis speichernden Speicherelement gekoppelt ist und daß die Speicherelemente mit Eingängen des Dekodierlers (59) in Verbindung stehen.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß drei Spurkondensatoren (24, 25, 26) weg- oder winkelvesetzt angeordnet sind und daß die Kapazität jedes der drei Spurkondensatoren

mit der Kapazität jedes der beiden anderen Spurkondensatoren verglichen wird.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Spurkondensator (24, 25, 26) an eine taktgesteuerte Umladeeinrichtung (29, 32; 30, 33; 31, 34) sowie an ein Schwellwertelement (37, 38, 39) angeschlossen ist, daß jedes Vergleichselement (47, 48, 49) mit dem gekoppelten Speicherelement aus einem bistabilen Flip-Flop mit einem auslösenden dynamischen Eingang (53, 54, 55) und einem vorbereitenden Dateneingang (50, 51, 52) besteht, an den ein Ausgang (z.B. 44) des Schwellwertelements (z.B. 37) eines der Spurkondensatoren (z.B. 24) angeschlossen ist und daß mit dem auslösenden dynamischen Eingang (z.B. 53) des Flip-Flop (z.B. 47) ein Ausgang (z.B. 45) des einem weiteren Spurkondensator (z.B. 25) zugeordneten Schwellwertelements (z.B. 38) verbunden ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jede taktgesteuerte Umladeeinrichtung einen taktgesteuerten Schalttransistor (29, 30, 31) umfaßt, welcher den Spurkondensator abwechselnd auf Massepotential oder an ein stromtreibendes Element schaltet.

5. Einrichtung nach den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeder von den drei weg- oder winkelfersetzten Spurkondensatoren (24, 25, 26), der mit einer taktgesteuerten Umladeeinrichtung (29, 32; 30, 33; 31, 34) verbunden ist, mit je einem Auswertkanal in Verbindung steht, der das Schwellwertelement (37, 38, 39) sowie das Vergleichselement (47, 48, 49) mit gekoppeltem Speicher umfaßt.

6. Einrichtung nach den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Spurkondensator mit nachgeschalteter taktgesteuerter Umladeeinrichtung mit jeweils mehreren Auswertkanälen in Verbindung steht, in denen die Schwellwertelemente mit abgestuften Spannungsschwellwerten dimensioniert sind.

7. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Vergleichselement zum Vergleich der Zeitkonstanten der verglichenen Spurkondensatoren ausgebildet ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Spurkondensator durch eine Ladeeinrichtung auf eine konstante Spannung aufladbar ist und daß die zu vergleichenden Spurkondensatoren mit einem Ladungsbilanzkomparator in Verbindung stehen.

9. Einrichtung nach den Ansprüchen 1–8, dadurch gekennzeichnet, daß eine elektrische Auswerterschaltung, die zumindest die Vergleichselemente, die Speicherelemente sowie den Dekodierer umfaßt, in einem applikationsspezifischen Halbleiterbaustein realisiert ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterbaustein in CMOS-Technologie gefertigt ist.

11. Einrichtung nach den Ansprüchen 1–10, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterbaustein direkt auf dem Stator montiert ist.

12. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spurkondensatoren des kapazitiven Sensors durch je eine Spurkondensator-Statorelektrode (15, 16, 17) auf dem Stator (3) sowie eine allen Spurkondensator-Statorelektroden im Abstand gegenüberste-

hende, gemeinsame Spurkondensator-Rotorelektrode (9) auf einem beweglichen Sensorteil gebildet sind und daß der Sensor einen Koppelkondensator (12, 14) aufweist, über welchen die Spurkondensatoren mit der Umladeeinrichtung und den Auswertkanälen koppelbar sind.

13. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Spurkondensator-Statorelektroden (15, 16, 17) auf einem plattenförmigen Stator (3) kreisringförmig angeordnet sind und die Spurkondensator-Rotorelektrode (9) auf einem plattenförmigen, gegenüberstehenden Rotor (5) angebracht ist, der außerdem eine rotationssymmetrische Elektrode (12) des Koppelkondensators trägt.

14. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden der Spurkondensatoren auf dem Umfang zweier, im Abstand konzentrisch ineinander rotierender Zylinder angeordnet sind, von denen der eine als Rotor, der andere als Stator ausgebildet ist.

15. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden der Spurkondensatoren auf zwei im Abstand übereinanderlaufenden Flächen als Lineale ausgebildet sind.

16. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden der Spurkondensatoren auf zwei, mit Abstand ineinanderlaufender zylindrischen Stäben in Längsrichtung angeordnet sind, die in Längsrichtung gegeneinander verschiebbar sind.

17. Einrichtung nach den Ansprüchen 12–16, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen dem beweglichen Sensorteil und dem Stator durch ein dielektrisches Material gehalten wird.

18. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor aus leitfähigem Material besteht und daß der Koppelkondensator durch eine dritte Elektrode, die in geringem Abstand zu der Rückseite des Rotors angeordnet ist, gebildet wird.

19. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor als Stanzteil ausgeführt ist.

20. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor als Ätzteil ausgeführt ist.

21. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12–19, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator in einer Schichttechnologie hergestellt ist, wobei als Dielektrikum eine Abdeckglasur dient.

— Leerseite —

3740544.

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

37 40 544  
G 01 D 5/24  
30. November 1987  
8. Juni 1989

21

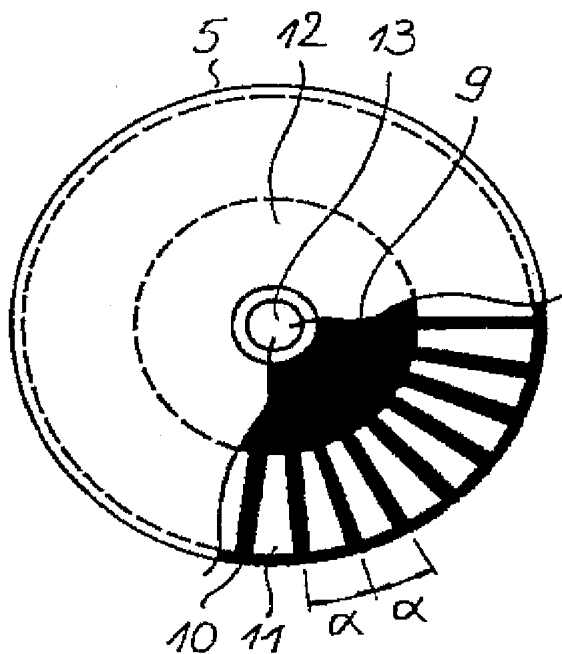


Fig. 2

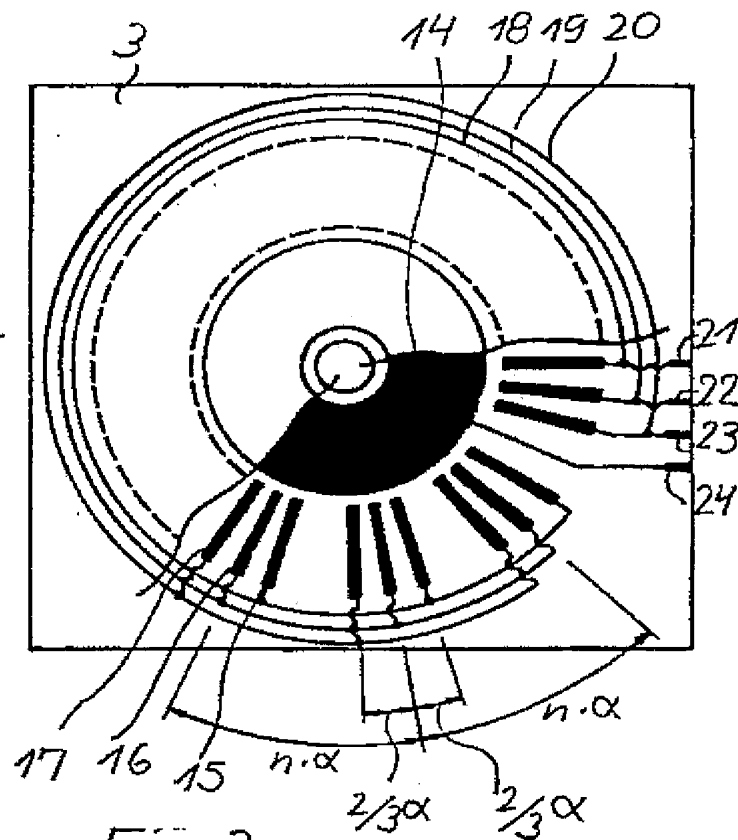


Fig. 3

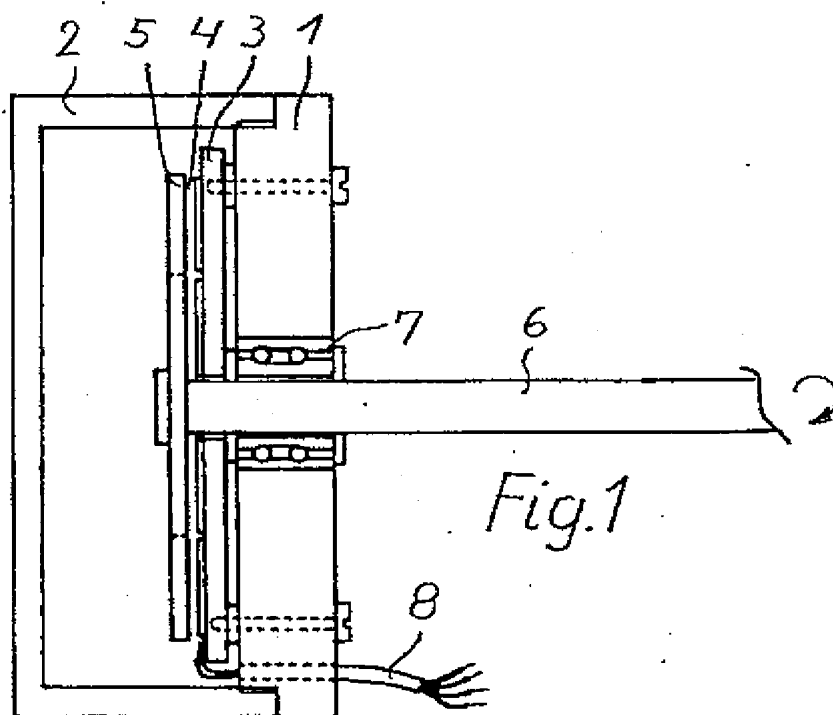


Fig. 1



3740544

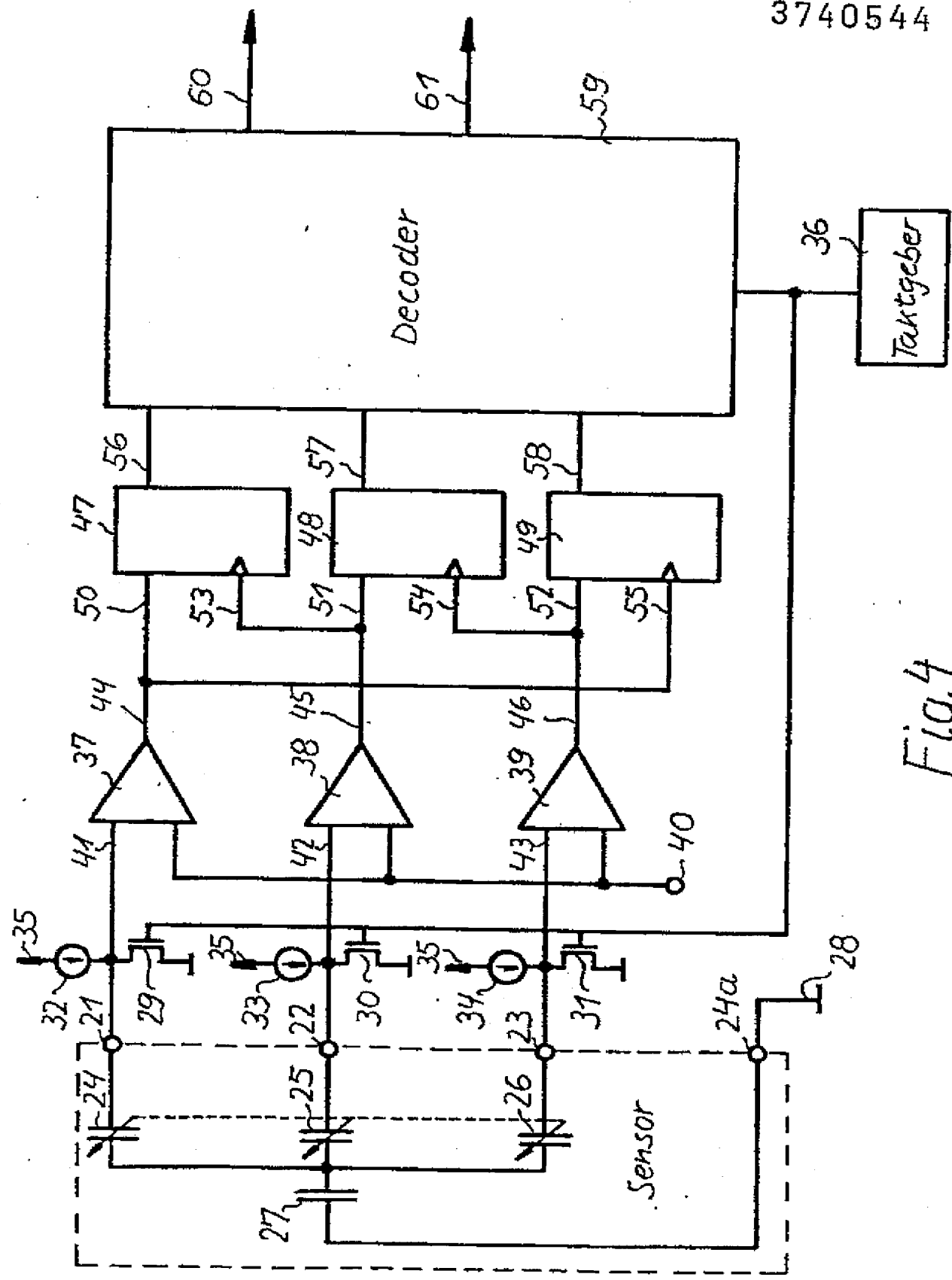


Fig. 4

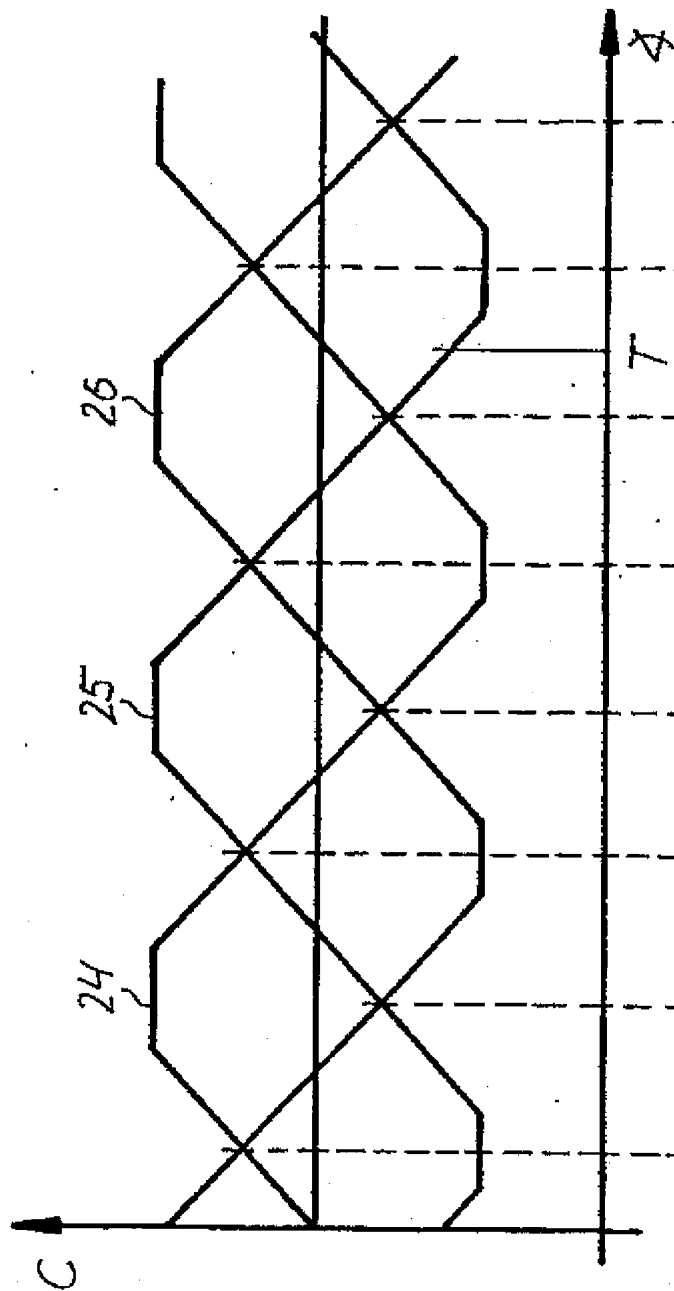


Fig. 5a

56~	0	0	1	1	1	0	0
57~	1	0	0	0	1	1	1
58~	1	1	1	0	0	0	1

Fig. 5b

NACHGEREICHT

3740544

\* 23